

ORIGINAL ARTICLE

실내에서 LED광질이 관엽식물의 생장에 미치는 영향

김명선 · 채수천 · 이명원 · 박갑순 · 안승원*

공주대학교 원예학과

The Effects of LED Light Quality on Foliage Plants Growths in Interior Environment

Myung-Seon Kim, Soo-Cheon Chae, Myung-Won Lee, Gab-Soon Park, Seung-Won Ann*

Department of Horticultural science Kongju National University, Chungnam 340-702, Korea

Abstract

In the results of investigating the role of LED light quality in enhancing the ornamental value of indoor foliage plants, amber and red light increased plant height, leaf width, and leaf stalk, and the consequent tree shape decreased the ornamental value. The chlorophyll content increased significantly under white light and compound light. With regard to the effect of plant leaf color on ornamental value, the value of lightness was markedly enhanced by red light. As to the functionality of plants according to photosynthetic activity, plants such as *Dieffenbachia*, *Clusia*, and *Dracaena* were found favorable to those staying indoors for a longtime from morning to evening. *Spathiphyllum*, and *Ficus* were found to be recommendable for indoor spaces used actively during afternoon because their photosynthesis was activated in the afternoon. With regard to power consumption according to light quality, white light consumed 119 W/hour, around 45% lower than that of fluorescent lamps, so it is considered the optimal artificial light quality that can enhance energy efficiency. Red light consumed 72 W/hour, only 33% of that of fluorescent lamps, but it was not considered the optimal light quality because plant growth was poor under the light quality. White light and compound light were found to be the ideal light sources for improving the functionality and ornamental value of indoor plants and reducing the cost of maintenance, but because compound light hinders people from recognizing the original color of plants and makes their eyes easily tired, white light was considered the optimal light satisfying all of the ornamental value, economic efficiency and functionality resulting from plant growth.

Key words : Photosynthesis, Chlorophyll, Chromaticity, Indoor plant, Artificial light

1. 서론

실내식물은 연중 잎이나 꽃, 열매 등을 감상하기 위해 실내공간에서 재배하거나 감상하는 식물을 말하며 그중에서 관엽식물은 주로 잎에 관상가치가 있어 실

내식물의 주종을 이루고 있다. 특히 관엽식물은 원산지 대부분 열대나 아열대 지역이기 때문에(Laura와 Robert, 1980) 높은 온도와 낮은 광도에서 잘 견디는 생육 특성이 있어 실내공간으로 도입하기에 적합한 식물이다. 실내에 도입된 식물은 기공을 통하여 가스

Received 15 October, 2013; Revised 29 October, 2013;

Accepted 18 November, 2013

*Corresponding author: Seung-Won Ann, Department of Horticulture, Kongju University, Chungnam 340-702, Korea
Phone: +82-41-330-1224
E-mail: annsw@kongju.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

교환이 이루어지는데 이때 대기 중 오염물질을 흡수 또는 흡착하여 이를 체내 다른 부위로 전류시키거나 생물학적으로 분해하여 제거하는 능력을 가지고 있다 (Mansfield, 1976; Wolverton과 Wolverton, 1993). 또한 광합성 작용을 통해 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출하여 밀폐된 실내 공기를 효율적으로 정화시키며, 증산작용에 의한 수분 배출은 상대습도를 높여 주고, 온도 조절(Snyder, 1990)과 음이온 발생효과 (Park 등, 1998) 등이 있는 것으로 알려져 최근 공기정화식물로 실내재배에 많은 관심을 가지고 있다.

그러나 이러한 물리적 환경개선에 유용한 식물의 실내재배 시 발생하는 문제점으로는 재배환경의 차이에 따른 생리반응의 변화(Chory 등, 1996)와 적응성에 의한 관상가치의 감소에 있다. 특히 광은 식물의 생장, 형태형성, 색소형성 등 생리조절인자로서 뿐만 아니라 에너지원으로서 광합성에 중요한 역할을 하고 있다. 관엽식물은 대부분 실내 환경이 원산지의 환경과 같이 적당하다면 연중 계속해서 생육과 관상이 가능하지만, 실내의 광환경은 실외보다 광도, 광량 및 광질이 부족하여, 생장이 불량해지고 미적가치가 감소되고 있어 식물생장과 관상가치 향상을 위해서는 실내 광 환경 조절과 효율적 관리를 위한 적정 인공광원의 도입과 개발이 요구되고 있다. 최근 실내식물의 광 환경에 대한 연구 중에서 LED광(Light Emitting Diode)을 이용한 식물생장에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다(Brown 등, 1995; Miyashita 등, 1995). LED는 전력소모가 매우 적어 생산비 감소와 녹색생장을 위한 식물재배의 인공 광원으로 적합한 특성을 가지고 있으며(Brown 등, 1995; Okamoto 등, 1996), 광합성과 발육에 적합한 특정 광 파장역의 단색광 선택이 가능할 수 있어 식물생장에 유효한 광을 지속적으로 공급함으로써 집약재배가 가능한 장점이 있다 (Yanagi 등, 1996). 이와 같이 식물 생장에 효과적인 인공광원으로 LED의 활용도가 높음에도 불구하고 실내식물의 연구사례는 아직 미흡한 실정이다.

본 연구는 다양한 LED 광질이 실내 관엽식물의 생육 및 광합성에 미치는 영향과 몇 종의 실내 관엽식물의 관상가치 향상을 위한 적정 인공광원을 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험에 공시된 식물은 실내에서 이용 빈도가 높은 관엽 식물 디펜바키아(*Dieffenbachia maculate* 'Marianne' Hort.), 쿠르시아(*Clusia rosea* Jacq.), 인도고무나무(*Ficus elastica* Roxb.), 드라세나(*Dracaena deremensis* N.E. Br. 'Warneckii')의 4종을 임의 선정하여 경기도 광명시의 관엽 재배 농장에서 초장 50 cm 이상 균일하게 성장된 포기를 5 pot씩 구입하여 피트모스(peatmoss), 질석(vermiculite), 펄라이트(perlite)를 혼합한(1:1:1, v/v), 혼합 상토를 플라스틱 6호분(18 cm)에 분갈이 하였다. 주간 온도는 25±3°C, 야간온도 18±2°C, 습도 60~70%가 유지되는 유리온실에서 4개월간 순화시킨 다음 실험에 공시하였다.

관수는 5일에 한 번씩 상면관수 하였으며 2주마다 액비 Technigro(N:P:K=24:7:5, SunGro Inc., USA)를 1.2 mS/cm로 맞추어 시비하였다. 광환경은 동일한 조건을 유지하기 위하여 처리별 6개의 성장상을 화훼실험실에 1.5 m(W)×1.5 m(L)×0.9 m(H) 크기로 제작하여 성장상 바닥에서 광량자 밀도측정기(LI-1000, LI-COR, USA)로 100 μmol/m²/s이 되도록 광량자를 동일한 조건으로 LED 백색광(W), 암버광(A), 적색광(R), 청색광(B), 적색과 청색 혼합광(1:1 혼합, H), 온실 자연광(G), 형광등(오스람 30 W, F)을 설치하였으며, 온도는 25±3°C, 습도 60~70%로 조절하여, 명기 16시간(06:00~22:00) 암기 8시간(22:00~06:00)의 상태가 되도록 하였고 자연광처리 30% 차광처리 하였다. 각 처리 당 관엽식물 4종 각 5 pot씩 배치하였다. 생육조사는 2011년 5월 10일부터 8월 10일까지 20일간격으로 4회 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, 엽병, 엽형, 엽면적 등 잎의 성장상태와 엽록소함량, 엽색, 광합성패턴을 조사하였다. 엽록소 측정은 각 실험구에서 식물체의 잎을 채취하여 동일한 단위면적으로 절단하여 생체중을 측정하고 80%(v/v) 아세트산으로 24시간 암 상태에서 추출 후 분광광도계(X-ma 1200, Huan Corporation, USA)를 이용하여 645 nm와 663 nm에서 흡광도를 측정 후 아래 방정식을 이용해 산출하였다.

$$\begin{aligned} \text{Total chlorophyll (mg}\cdot\text{ml}^{-1}) &= 20.2 \times A_{645} - 8.02 \times A_{663} \\ \text{chlorophyll a (mg}\cdot\text{ml}^{-1}) &= 12.7 \times A_{663} - 2.69 \times A_{645} \end{aligned}$$

$$\text{chlorophyll b (mg}\cdot\text{ml}^{-1})=22.9\times A_{645}-4.68\times A_{663}$$

광합성 측정은 광합성 속도(Photosynthetic rate)를 휴대용 광합성 측정기(LCpro-SD, ADC Bioscientific Ltd., England)를 사용하여 측정하였다. 측정 시 수분 스트레스에 대한 영향이 없도록 측정 2일전에 충분히 관수하였으며 측정은 1일 3시간 간격으로 각 식물의 상위 3번째 잎을 측정하였다. 이 때 실내의 온도는 $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ 로 하였고 광도는 $100\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 수준에서 측정하였다. 모든 측정은 3개체씩 3반복 측정하여 그 평균값을 구하였다. 엽색 측정은 색차계(Cp-400, Minolta, Japan)를 이용하여 새로 발생한 잎 중에서 완전히 전개되어 생장이 완료된 상위 3번째 잎 중앙 부위를 처리 당 3반복 측정하여 평균값을 구하였다. 관엽식물의 관상 가치를 평가하기 위하여 식물의 초장과 크기, 엽색의 선호도에 대하여 설문지를 작성하여 선호도를 분석하였다. 대상은 일반 성인 남, 여 20세 이상의 도시 거주자 총 350명에 대하여 컬러사진을 이용한 설문지를 작성하여 조사하였다. 조사된 결과는 SAS(Statistical Analysis System, V9.1, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 통계 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 줄기생장

관엽식물의 관상 가치는 줄기의 크기와 적절한 잎

수 및 잎의 크기가 균형 있게 발달되어 초장을 유지하는 것이 관상가치 향상에 매우 효과적이라 할 수 있다. LED 광질 처리 후 초장의 변화는 모든 처리에서 현저한 변화가 나타났다(Table 1). 앰버광과 청색광 처리에서 디펜바키아와 쿠르시아는 초장 신장이 58 cm 정도로 가장 많이 증가되었고, 다음으로 적색광, 청색광, 형광등, 혼합광의 순으로 증가되었으며, 자연광은 초장 억제 현상이 디펜바키아에서 현저하게 나타났고 쿠르시아도 디펜바키아와 같은 경향이였다. 또한 고무나무에서도 청색광에서 초장생장이 증가되었으며, 형광등, 앰버, 백색광 순으로 신장율이 조금씩 감소되었고 적색광에서 가장 낮은 신장율을 보여 고무나무는 적색광에서 초장이 억제되었다는(Lee 등, 2010)보고와 비슷한 경향으로 나타났다. 한편 백색광은 드라세나에서 53.0 cm로 초장생장이 증가되었고, 청색, 형광등, 앰버, 혼합광 순으로 초장 신장율이 감소되었으며, 고무나무도 같은 경향으로 적색광에서 초장이 가장 작게 나타나 적색광에서 초장이 억제된다는 이 등(2003)의 결과를 뒷받침해 주고 있다. 이와 같이 초장의 생장촉진과 억제는 관엽식물의 종류에 따라 적색광 수용체인 phytochrom과 청색광 수용체인 cryptochrome이 서로 다른 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 초장생장의 변화는 앰버광에서 뚜렷하게 나타났는데 디펜바키아는 줄기와 절간이 신장되었으나 약하여 잘 휘어졌고, 쿠르시아는 측지발생이 많았고 줄기가 연약했으며, 드라세나는 줄기가 약하고 황화현상이 나타

Table 1. Effects of different LED light qualities on plant heights of *Dieffenbachia maculate*, *Clusia rosea*, *Ficus elastica* and *Dracaena deremensis*

Light source ^z	<i>Dieffenbachia maculate</i>			<i>Clusia rosea</i>			<i>Ficus elastica</i>			<i>Dracaena deremensis</i>		
	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
F	51.3c ^y	22.7abc	12.7abc	46.2c	10.5a	7.6a	51.3d	17.4a	12.7b	48.7b	26.6a	3.7ab
W	55.0b	22.1bc	12.1bc	50.7b	13.0a	8.1a	55.3b	18.5a	14.2a	53.0a	26.6a	4.1a
A	58.3a	24.1a	13.3ab	62.2a	11.6a	8.1a	52.8c	18.7a	13.9ab	47.0bc	25.9ab	3.6ab
H	51.3c	21.6bc	11.9c	50.2b	12.7a	7.9a	45.5e	16.7a	13.0ab	46.3bc	24.7ab	3.5b
R	54.0b	23.7a	13.5a	50.0b	11.5a	7.6a	45.0e	18.2a	13.3ab	45.0cd	24.8ab	3.6ab
B	57.7a	22.8ab	12.4abc	62.2a	12.3a	8.0a	59.7a	17.5a	13.4ab	48.7b	26.0a	3.4b
G	47.7d	21.0c	12.1bc	46.0c	11.2a	8.1a	44.8e	17.6a	13.1ab	44.3d	24.2b	3.6ab

^zLight source, F, fluorescent light; W, white LED; A, amber LED; H, red and blue LED; R, red LED; B, blue LED; G, natural light of greenhouse.

^yMeans separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05

나 관상가치가 감소되는 경향을 보였다. 따라서 실내에서 관엽식물이 가장 적당한 관상 가치를 유지하기 위해서는 앰버와 적색광 같은 한 종류 광보다, 혼합광이나 430~650 nm의 광파장이 넓게 분포되어 있는 백색광에서 재배하는 것이 적합한 것으로 판단되었다.

3.2. 잎의 생장

광질에 따른 관엽식물의 엽장생장은 앰버광과 적색광에서 디펜바키아는 조금 증가되는 경향을 보였으나 쿠루시아, 고무나무, 드라세나는 모든 광에서 거의 변화가 없어 광질은 엽장생장에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Table 1). 엽폭은 디펜바키아의 적색광에서 13.5 cm로 가장 많이 증가되었으나 백색광에서 고무나무와 드라세나는 각각 14.2 cm, 4.1 cm로 증가되었고, 혼합광은 디펜바키아에서 11.9 cm, 청색광은 드라세나에서 3.4 cm로 가장 많이 엽폭 생장이 감소되었으며 쿠루시아는 모든 광질에서 엽폭에 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. Lee 등(2010)은 수확 전 광질 변화가 상추의 잎 생육에 미치는 영향에서 혼합광 처리 시 청색광의 비율이 높아짐에 따라 생육은 뚜렷하게 억제된 반면 엽폭은 증가하였다는 보고와 본 실험의 결과와는 상이하게 나타났다. 한편 앰버, 혼합광, 적색광, 청색광, 온실 자연광은 엽폭 생장에 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며, 드라세나는 쿠루시아, 고무나무와 같은 엽폭의 변화를 나타내어 광질

에 따라 엽폭의 생장은 식물 종류에 따라 다른 것으로 나타났다. 엽병길이는 앰버광에서 디펜바키아는 6.1 cm로 가장 많이 증가되었으며, 자연광과 형광등은 3.3 cm로 가장 짧게 나타났다. 그 밖의 백색광, 혼합광, 청색광은 엽병생장에 큰 유의차가 없었으며, 백색광에서 쿠루시아와 청색광에서 고무나무는 증가되었으나 다른 광에서는 유의성이 없는 것으로 나타나 광질에 따른 엽병생장은 관엽식물의 종류에 따라 차이가 있는 것으로 판단되었다.

엽면적은 앰버광과 적색광에서 디펜바키아는 197.4 cm², 225.9 cm²로 가장 많이 증가되었고, 혼합광에서 148.8 cm²로 가장 감소되었다. 쿠루시아는 광원에 따라 엽면적 차이가 없었고, 고무나무는 앰버광과 백색광에서 182 cm², 181.8 cm²로 가장 많이 증가되었으며, 형광등과 혼합광에서 145.5 cm², 149.6 cm²로 가장 작았다. 드라세나는 청색광에서 가장 많이 감소되었으나 다른 광에서는 엽면적에 큰 차이를 보이지 않아 유의성이 없는 것으로 판단되었다. Lee 등(2010)은 상추에 적색광을 처리한 결과 엽면적이 증가되었다고 하였으며, 김과 박(2003)은 수박 접목묘에 적색광을 조사한 결과 엽면적 증가에 유의한 영향을 주었다는 보고와 유사하게 나타났다.

3.3. 엽수

엽수의 변화는 Table 2와 같이 형광등에서 디펜바키아는 9.7개로 가장 많이 증가되었고, 백색광, 앰버

Table 2. Effects of different LED light qualities on the petioles, leaf numbers, and leaf areas of *Dieffenbachia maculate*, *Clusia rosea*, *Ficus elastica* and *Dracaena deremensis*

Light source ^z	<i>Dieffenbachia maculate</i>			<i>Clusia rosea</i>			<i>Ficus elastica</i>			<i>Dracaena deremensis</i>		
	Leaf stalk	No. of leaf	Leaf area (cm ²)	Leaf stalk	No. of leaf	Leaf area (cm ²)	Leaf stalk	No. of leaf	Leaf area (cm ²)	Leaf stalk	No. of leaf	Leaf area (cm ²)
F	3.3d ^y	9.7 a ^y	162.2c	0.7b	78.7 e	56.6b	2.0b	14.3 a	145.5c	-	25.7 b	114.3a
W	4.5b	9.0 ab	150.9d	0.9a	59.7 f	60.5a	2.3b	13.7 a	181.8a	-	28.7 a	112.0a
A	6.1a	8.7 ab	197.4b	0.6b	94.3 b	60.9a	2.4b	12.7 ab	182.1a	-	26.3 ab	111.8a
H	4.2bc	8.3 ab	148.8d	0.8ab	82.7 d	59.9a	2.2b	13.0 ab	149.6c	-	27.7 ab	109.5a
R	3.8c	8.3 ab	225.9a	0.7ab	96.3 a	60.7a	2.1b	11.0 bc	167.2b	-	27.0 ab	111.0a
B	5.6ab	9.3 ab	152.4d	0.7ab	86.7 c	60.4a	3.0a	14.7 a	179.9d	-	28.7 a	102.3b
G	3.3d	7.0 b	149.4d	0.7b	59.3 f	60.9a	2.0b	9.3 c	160.6b	-	26.3 ab	111.8a

^zLight source, F, fluorescent light; W, white LED; A, amber LED; H, red and blue LED; R, red LED; B, blue LED; G, natural light of greenhouse.

^yMeans separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05

광, 적색광, 청색광에서도 비슷한 경향으로 나타났다. 적색광에서 쿠르시아는 엽수가 가장 많은 96.3개로 조사되었으며, 백색광과 온실 자연광에서 가장 적은 59.3개로 조사되어 광질에 따라 엽수의 변화가 크게 작용하는 것으로 나타났다. 드라세나, 디펜바키아, 쿠르시아, 고무나무 등 경장 50 cm이상의 관엽식물은 초본식물과 달리 적당하게 발달된 잎의 크기와 수량 및 알맞은 크기의 균형 있는 경장을 유지하는 것이 관상 가치를 높일 수 있는 중요한 요인이라 사료되었다.

3.4. 엽의 형태

실내식물의 잎형태와 엽색 등은 관상 가치를 결정하는데 가장 기본이 될 수 있는 요인으로 광질에 따라 다양하게 영향을 미치는 것으로 조사되었으며, 잎의 형태는 백색광과 혼합광에서 좋은 결과가 나타났다 (Fig. 1). LED광이 식물체의 성장 및 형태형성 뿐만 아니라 색소형성을 결정하는 투광량이 제한된 실내에서 더욱 현저히 작용한다. 실내식물의 관상 가치를 향상시키는 요인은 식물체의 크기와 크기에 알맞은 엽수, 전체의 균형과 비율 및 적절한 엽면적, 분지 수, 절간과 활력 있고 아름다운 식물체를 유지시킬 수 있어야 한다. 실내 관엽식물의 관상가치 향상 요인 중의 하나인 잎 형태를 아름답게 유지시켜주는 광원은 백색광과 혼합광에서 성장한 잎이 선호도 조사에서도 높게 나타나 식물생장에 따른 적응성과 관상가치 향상

에 좋은 광원으로 판단되었다. 디펜바키아의 잎은 타원형(elliptical)으로 엽폭과 엽장의 비율이 백색광에서 성장한 잎이 1:2의 비율로 선호도에서 가장 높게 조사되었다. 특히 잎은 주맥을 중심으로 중앙부분이 엷은 색을 띠고 있으며, 엽폭과 엽장이 균형 있는 엽의 형태는 청색, 백색, 형광등에서 성장한 잎이 관상가치 선호도에서 아름다운 잎으로 조사되었다. 드라세나 잎은 피침형(lanceolate)으로 시원하게 긴 잎이 선호도가 높은 것으로 조사되었으며 비율은 엽폭과 엽장이 1:7로 특히 줄무늬색이 선명하고 지나치게 짙은 녹색을 띤 잎보다 일반적인 녹색이 선호도에서 좋은 평가를 받았다. 고무나무 잎은 넓은 타원형(oval)의 잎에 광택이 있는 짙은 녹색으로 엽폭과 엽장 비율이 0.7:1인 잎이 관상가치가 좋은 잎으로 선호하였으며, 백색광과 청색광에서 성장한 잎이 좋은 평가를 받았다. 쿠르시아 잎은 난형(ovate)으로 형태적 특징이 뚜렷하고, 색이 선명하며 광택을 띤 녹색으로 엽폭과 엽장의 비율이 0.7:1인 혼합광, 백색광, 청색광에서 재배한 순으로 선호하는 경향이 있었다. 식물의 관상 가치를 결정하는 요인 중 잎이 차지하는 비중은 상당히 크며, 그중 엽폭과 엽장의 비율이 아름다움을 느끼는 형태적인 기준이 될 수 있다는 것을 알 수 있었다.

3.5. 엽록소 함량

광질이 엽록소 함량에 미치는 영향은 Fig. 2와 같이

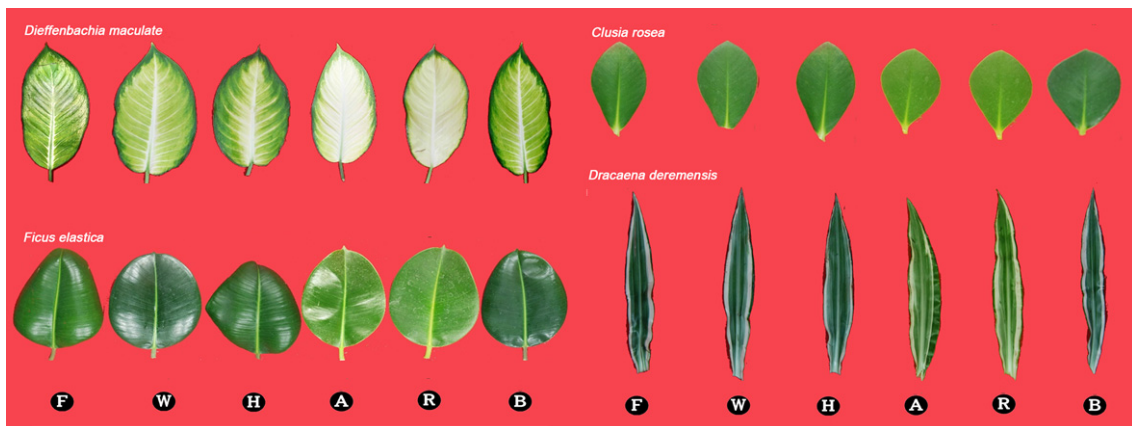


Fig. 1. Effects of different LED light qualities on the leaf shapes of *Dieffenbachia maculate*, *Clusia rosea*, *Ficus elastica* and *Dracaena deremensis*. F, fluorescent light; W, white LED; H, red and blue LED; A, amber LED; R, red LED; B, blue LED.

혼합광에서 쿠루시아와 드라세나가 높았으며, 백색광에서는 디펜바키아와 고무나무가 높았다. 청색광은 형태적으로 식물의 건전한 생장에 필연적으로 요구된다고(Heo 등, 2002) 하였는데, 본 연구에서는 청색과 적색이 1:1로 혼합한 광과 백색광에서 다른 광에 비해 현저한 유의차가 있는 것으로 조사되었다. 반면 적색광은 디펜바키아, 쿠루시아, 고무나무, 드라세나의 엽록소 함량이 가장 낮게 나타났다. 그러나 Park 등(1998)은 적색 LED가 부착된 냉장고에 저장된 양배추의 엽록소 함량이 무 처리에 비해 4배 높게 나타났다는 보고와 상이한 결과를 보였는데 이는 무 처리보다는 광 처리에서 높게 나타난 결과로 판단되었다. 잎에 무늬가 있는 식물은 잎의 엽록소 생성이나 함량이 적은 식물을 의미하는데, 특히 적색광에서 디펜바키아는 시각적 판단으로도 엽색이 다른 광에서 볼 수 없는 엷은 색을 띠고 있어 광도에 의한 일소현상으로 판단되어지며, 관상가치도 매우 나빠 적색광에서 가장 적응성이 약한 것으로 판단되었다. 따라서 광 질에 따라 엽록소 형성은 백색광과 혼합광에서 촉진되었으며, 특히 혼합광은 청색광과 적색광을 혼합하여 조사한 혼합광의 영향을 받아 증가한 것으로 판단되었다.

3.6. 광합성

4종의 관엽식물 광합성 패턴은 Fig. 3과 같이 식물별 광합성속도는 다양하였으며, 관엽 식물 중 쿠루시아, 드라세나, 고무나무에서 비교적 높은 광합성속도

를 보였다. 광원에 따른 광합성속도에서 혼합광은 쿠루시아와 드라세나에서 가장 광합성속도가 증가되었고 증산량도 비례하여 증가되었다. 백색광은 디펜바키아에서, 적색광과 백색광은 고무나무에서 가장 광합성속도가 촉진된 것으로 나타났다. 앰버광은 4종의 관엽식물에서 광합성속도가 비교적 가장 낮게 나타나 실내 관엽식물 재배 시 다른 광원에 비해 효과가 적은 것으로 판단되었다. 적색광과 백색광은 고무나무에서 가장 광합성속도가 촉진되었고, 증산량도 비례하여 증가되었다. 다음은 청색광에서 높았고, 앰버광은 하루 중 시간에 따라 광합성속도가 비교적 고른 분포를 보여 주었으며, 혼합광과 형광등은 비슷한 광합성속도와 패턴을 보여 유의차가 없었다. 백색광은 디펜바키아에서 광합성 속도와 증산량의 활성도가 높게 나타나 일반적으로 보고된 것과 같이 실내식물의 생장에 적합한 광원으로 판단되었다. Sung과 Takano(1997) 및 Hssiao와 Allaway(1973)는 청색광은 식물의 기공 개도를 크게 하고 가스교환을 촉진시켜 식물의 광합성과 증산속도를 증가시키는 것으로 보고하였고, 적색광은 식물의 광합성 기구의 발달에 중요한 역할을 한다고 알려져 있는데(Saebo 등, 1995), 본 실험에서는 앰버 광에서 생장이 전반적으로 불량했으며, 적색광은 광합성속도는 비교적 높게 나타났으나 생장과 관상 가치는 감소되었다.

오전 6시에서 오후 7시까지 광합성 속도는 각 처리

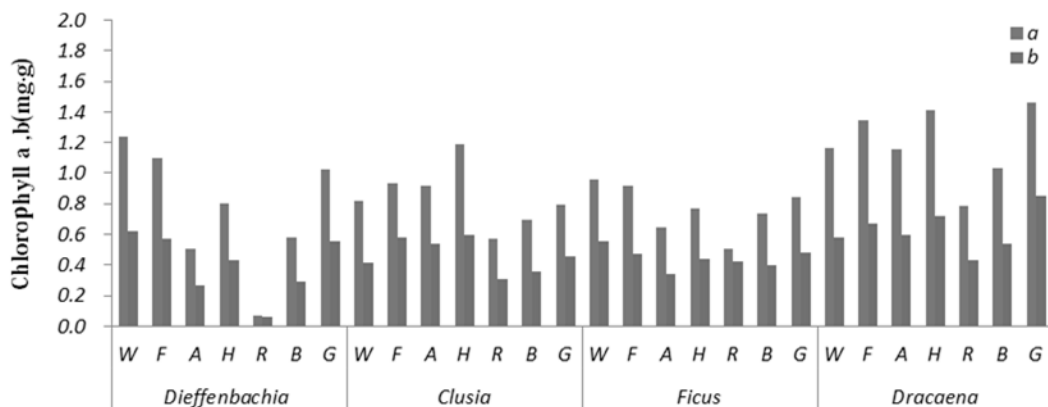


Fig. 2. Effects of different LED light qualities on the chlorophyll contents of *Dieffenbachia maculate*, *Clusia rosea*, *Ficus elastica* and *Dracaena deremensis*. W, white LED; F, fluorescent light; A, amber LED; H, red and blue LED; R, red LED; B, blue LED; G, natural light of greenhouse.

당 비슷한 경향을 보여 주었으며, 이러한 경향은 실내에 도입한 관엽식물이 광을 조사하는 시점인 오전 6시에서 광조사가 끝나가는 오후 9시까지 지속적으로 광합성과 증산이 이루어졌음을 의미한다. 아침부터 저녁까지 실내에 거주하는 재실자는 공기의 질이 중요할 수밖에 없으며, 실내에 거주하는 시간이 많은 직업군일수록 더욱 중요성이 높아진다. 따라서 광합성률이 꾸준히 증가되는 낮 시간에 실내에서 활동하는 대다수의 재실자에게 디펜바키아는 좋은 기능성 식물이라고 판단되었다.

쿠르시아의 광합성활성도는 하루 중 꾸준히 광합성이 이루어졌다. 엠버 광을 제외한 모든 처리에서 오전 6시에서 오후 9시까지 광합성 패턴이 비슷하여 낮 시간과 저녁시간에 활동하는 장소에 적합한 기능성 식물로 판단되었다. 드라세나는 광합성 패턴이 쿠르

시아와 같아 오전 6시에서 오후 9시까지 모든 광에서 비교적 고른 분포를 보여 비슷한 패턴을 유지하였다. 반면 청색광은 오후 1시에서 오후 9시까지 다른 시간에 비해 높게 나타났다. 한편 광합성속도와 증산량이 가장 촉진되었던 광은 백색광으로 조사되었다. 드라세나는 전반적으로 청색광을 제외한 모든 광에서 오전 6시에서 오후 9시까지 광합성과 증산량이 일정한 패턴을 유지하였다. 따라서 드라세나는 아침부터 저녁시간 실내에서 활동하는 공간에 온종일 일정한 패턴을 유지시켜 실내 오염원을 정화하는데 도움을 주며, 산소를 공급하는 식물로 실내공간에 배치하기에 적합한 기능성 식물로 판단되었다. 고무나무의 하루 광합성 패턴은 디펜바키아, 쿠르시아, 드라세나에서 나타난 것과 다른 양상을 보여주고 있었다. 오후 3시를 중심으로 백색광과 청색광에서 오후 2시에서 오후

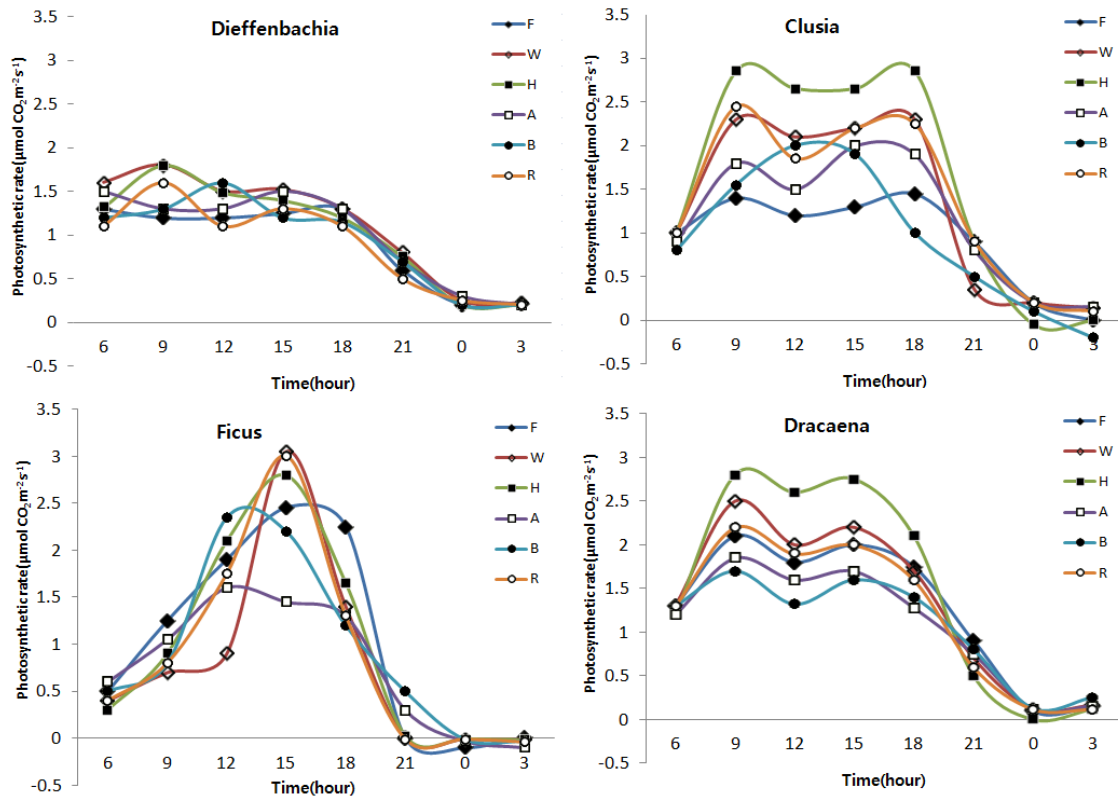


Fig. 3. Effects of different LED light qualities on the photosynthetic rates of small sized foliage plants. F, fluorescent light; W, white LED; H, red and blue LED; A, amber LED; B, blue LED; R, red LED.

5시까지 광합성 속도가 급격히 증가되어 낮 시간 특히 점심식사 후 휴식할 수 있는 휴게 공간 및 사무실과 같은 곳에 배치하여 나른해지기 쉬운 시간대에 신선함을 제공하여 일의 능률을 높일 수 있는 적합한 기능성 식물이라고 사료되었다. 대형 관엽식물의 경우 식물간의 광합성속도가 다른 이유는 일정 파장의 광질에 따라 식물의 광합성 능이 향상된 것으로 판단되며, 이러한 일정 파장의 광질에 따라 식물의 생리적 대사과정에서 나타나는 차이인 것으로 판단되었다.

3.7. 엽색

식물에 있어서 엽색은 매우 중요한 요소로 작용되며 같은 녹색의 잎이라도 밝고 어두운 정도에 따라서 또는 색차계의 녹색이나 적색, 청색이나 황색으로 기우는 정도에 따라서 색상이 달라지고, 색의 느낌도 달

라진다. 이러한 색의 변화는 실내식물의 관상 가치에도 영향을 미치며, 광원의 종류에 따라 엽색변화를 크게 좌우하고 있다. Park 등(1998)은 적색 LED가 부착된 냉장고에 저장된 양배추의 절단면이 흰색에서 녹색으로 변화하였으며, 절단면 Hunter의 a*값이 일반 냉장고에 비해 현저히 낮게 나타났다고 하였고, Lee 등(2010)은 적색 발현을 대표하는 Hunter의 a*값이 청색과 혼합 광, 적색 광에서 높게 나타났다고 보고하였다. 이와 같이 혼합 광에서 적색도가 증가된 것은 청색 광 파장 영역이 안토시아닌 생성에 촉진적으로 작용된 것으로 판단되었다. Table 3과 같이 형광등에서 L값은 실험 초기에 비해 디펜바키아는 밝기에 있어서 어두워 졌고, 녹색과 황색이 많아지는 -a, +b 값을 나타냈다. 백색광은 쿠르시아에서 L값의 명도가 감소되었고, 고무나무에서는 녹색이 증가되는 경향이였다.

Table 3. Effects of different LED light qualities on the chromaticity of *Dieffenbachia maculate*, *Clusia rosea*, *Ficus elastica* and *Dracaena deremensis* before and after the experiment

Plant	Experiment		Light source ^z						
			F	W	A	H	R	B	G
<i>Dieffenbachia maculate</i>	Before	L	73.6	74.0	71.8	76.8	77.4	76.99	75.3
		a	-9.4	-8.8	-6.9	-7.1	-6.7	-6.5	-7.6
		b	33.7	30.0	26.0	28.8	28.7	26.5	26.2
	After	L	68.0	57.2	76.0	75.7	80.2	71.4	68.5
		a	-16.9	-21.3	-9.4	-11.5	-1.8	-14.6	-15.6
		b	49.9	51.7	35.2	43.6	17.0	47.3	46.5
<i>Clusia rosea</i>	Before	L	32.1	39.9	37.9	31.5	30.7	32.1	31.5
		a	-12.6	-13.7	-14.2	-10.4	-13.8	-12.5	-14.4
		b	18.0	22.7	23.3	13.1	20.0	17.8	20.2
	After	L	26.3	21.6	39.2	25.9	43.3	26.0	23.9
		a	-22.1	-20.8	-22.3	-22.6	-22.7	-19.7	-20.9
		b	44.8	37.0	51.4	39.6	64.8	32.8	36.2
<i>Ficus elastica</i>	Before	L	27.3	25.5	23.4	25.2	25.4	25.3	26.8
		a	-9.7	-7.7	-10.1	-10.1	-11.9	-11.0	-9.8
		b	13.8	9.8	13.3	12.7	16.6	15.3	13.0
	After	L	12.4	15.5	28.2	9.8	30.2	20.6	16.8
		a	-19.1	-20.4	-20.6	-18.6	-22.3	-19.6	-22.9
		b	33.3	35.7	39.4	26.6	53.0	37.3	40.7
<i>Dracaena deremensis</i>	Before	L	40.2	39.9	38.9	40.7	36.0	39.0	37.8
		a	-8.4	-8.4	-9.1	-8.7	-5.3	-8.5	-9.0
		b	12.8	12.7	13.8	13.9	12.5	12.8	12.8
	After	L	36.8	28.4	34.1	33.8	36.6	36.4	34.2
		a	-14.9	-16.1	-18.5	-14.1	-18.7	-16.8	-15.0
		b	26.3	27.6	38.1	26.1	39.0	28.3	26.1

^zLight source, F, fluorescent light; W, white LED; A, amber LED; H, red and blue LED; R, red LED; B, blue LED; G, natural light of greenhouse.

한편 적색광은 다른 모든 광원에서 나타난 결과와 전혀 다르게 L값이 크게 증가된 것으로 나타났다. 특히 디펜바키아, 쿠르시아 고무나무는 적색 광 처리 후 L값이 높게 나타나 식물 표면의 밝기를 결정하는 L값의 명도는 적색 광에서 현저히 촉진되는 것으로 조사되었다. 따라서 잎의 명도(L값)와 색상(a, b값)은 광질에 따라 큰 영향을 받으며, 그중 백색, 청색, 혼합 광에서 L, a, b값이 관상 가치를 높여 주는 색차 값을 나타내었다. 광에 따라 전력소모 또한 형광등 대비 30~50% 정도의 전력소모량을 줄일 수 있었으나, 앰퍼광은 형광등에 비해 11%정도 증가되었고, 성장량과 관상가치 또한 전반적으로 낮아져 실내식물 재배에 좋지 않은 광원으로 판단되었다. 한편 적색광은 에너지 효율 면에서 전력소모가 형광등 대비 33%에 불과하였으나, 생장에 있어서는 적응성과 관상가치가 감소되어 적색 광 또한 식물 생육에 적합한 광이 아닌 것으로 판단되었다.

4. 결론

LED광이 실내 관엽식물의 관상가치 향상에 미치는 영향을 조사한 결과 앰퍼와 적색 광에서 줄기생장이 촉진되었으나, 잎은 엽폭이 커지고, 엽병이 길어져 수형에 따른 관상 가치가 감소되는 경향으로 나타났다. 엽록소 함량은 백색과 혼합 광에서 유의하게 높아졌으며, 관상 가치에 영향을 미치는 엽색은 명도 값이 적색 광에서 현저히 촉진되는 것으로 나타났다. 엽색은 광에 따라 많은 영향을 받으며, 그중 백색, 청색, 혼합 광에서 L.a.b값이 관상 가치를 높여주는 색차로 나타났다. 광합성 활성에 따른 식물의 기능성은 아침부터 저녁시간까지 오랜 시간을 실내에서 보내는 재실자에게 디펜바키아, 쿠르시아, 드라세나가 좋은 식물로 나타났으며, 고무나무는 오후 시간에 광합성이 촉진되어 오후 시간에 활동량이 많은 실내공간에 배치하면 좋을 것으로 판단되었다. 실내식물의 기능성과 관상가치 향상에 이상적인 광원은 백색과 혼합 광이었으나, 혼합광은 사람이 식물을 볼 때 본래의 색을 볼 수 없고, 눈이 쉽게 피로해지는 단점이 있는 광원이라, 식물생장에 따른 관상 가치와 경제성, 기능성 향상을 위한 백색광이 효과적인 광으로 판단되었다.

참고 문헌

- Bark, S. Y., Chang, M. S., Choi, J. H., Kim, B. S., Lee, H. R., Ham, K. H., 2007, Effect of a Refrigeration with LED on Functional Composition Changes and Freshness Prolongation of Cabbage, Korea Food Marketing Association, 14(2), 113-118.
- Brown, C. S., Schuerger, A. C., Seger, J. C., 1995, Growth and photomorphogenesis of plants under red light emitting diodes with supplemental blue or for red lighting, J. Amer. Soc., Hort. Sci., 120, 808-813.
- Chory, J., Chatterjee, M., Cook, R. K., Elich, T., Fankhauser, C., Li, J., Nagpal, P., Neff, M., Pepper, A., Poole, D., Reed, J., Vitart, V., 1996, From seed germination to flowering, light controls plant development via the pigment phytochrome, Proc. Natl. Acad. Sci., 93, 12066-12071.
- Heo, J. W., Lee, C. W., Chakrabarty, D., Paek, K. Y., 2002, Growth Responses of Marigold and salvia bedding plant as affected by a light Emitting diode, Plant Growth Regulation, 38, 225-230.
- Hsiao, T. C., Allaway, W. G., 1973, Action spectra for guard cell Rb uptake and stomatal opening in viciafaba, Plant Physiol, 51, 82-88.
- Kim, Y. H., Park, H. S., 2003, Graft taking characteristics of watermelon grafted seedlings as affected by blue, red and for red light emitting diodes, J. Kor. Soc. Agri., 28(2), 151-156.
- Laura, L. M., Robert, P. R., 1980, Practical horticulture, Prentice Hall, Co., New Jersey, 316.
- Lee, J. G., Oh, S. K., Cha, S. H., Jang, Y. A., Kim, S. Y., Um, Y. C., Cheong, S. R., 2010, Effects of Red blue light ratio and short term light zonality conversion on growth and anthocyanin contents of baby leaf lettuce, Journal of Bio-Environment Control, 19(4), 351-359.
- Mansfield, J., 1976, Plant pathogenesis, Agro Ecosystems, 2(4), 338.
- Miyashita, Y. K., Kozai, T., Kimura T., 1995, Effect of red and Far red light on the growth and morphology of potato plants in vitro: Using light emitting diodes as a light source for micro propagation, Acta Hort., 393, 710-715.
- Okamoto, K., Yanagi, T., Takita, S., Tanaka, M., Higuchi,

- T., Ushida, Y., Watanabe, H., 1996, Development of plant growth apparatus using blue and red LED as artificial light source, *Acta Horticulture*, 440, 111-116.
- Park, S. H., Lee, Y. B., Bea, G. Y., Kondo, M., 1998, Anion evolution in plants and its involved factors, *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 39(1), 115-118.
- Saebo, A., Krekling, T., Appलगren, M., 1995, Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of brich plantlets invitro, *Plant cell Tissue and Org. Cult.*, 41, 177-185.
- Snyder, S. D., 1990, *Building interiors plants and automation* prentice hall englewood cliffs, N. J., USA, 5-29.
- Sung, I. K., Takano, T., 1997, Effects of supplemental blue and red lights in the morning twilight on the growth of physiological responses of cucumber seedlings, *Environ. Control in Biol.*, 35(4), 261-266.
- Wolverton, B. C., Wolverton, J. D., 1993, Plants and soil microorganism: Removal of formaldehyde, xylene and ammonia from the indoor environment, *J. Miss. Aca. Sci.*, 38, 11-15.
- Yanagi, T., Okamoto, K., Takita, S., 1996, Effects of blue, red and blue red light of two different PPF levels on growth and morphogenesis of lettuce plants, *Acta. Hort.*, 440, 117-122.